

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-140543

(43)Date of publication of application : 25.05.1999

(51)Int.Cl.

C21D 9/40

B21B 5/00

C21D 1/18

F16C 33/64

(21)Application number : 09-313765

(22)Date of filing : 14.11.1997

(71)Applicant : NIPPON SEIKO KK

(72)Inventor : KOKUBU HIDEKI
HORI KEIZO

(54) PRODUCTION OF BEARING RING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for producing a bearing ring high in the coaxial degree between the inside diameter and outside diameter and improved in roundness with a high material yield and grinding efficiency.

SOLUTION: This method has a rough forming stage in which the rough formed part of a bearing ring is obtd., a cold rolling stage in which the rough formed part of the bearing ring is subjected to cold ring body rolling to increase the roundness of the inside diameter and outside diameter, a heat treating stage in which the bearing ring after the cold rolling is subjected to heat treatment and a temper-straightening stage in which tempering treatment is executed while the outer circumference of the bearing ring after the heat treatment is restrained by a straightening die made of ceramic.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-140543

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月25日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I	
C 2 1 D 9/40		C 2 1 D 9/40	A
B 2 1 B 5/00		B 2 1 B 5/00	
C 2 1 D 1/18		C 2 1 D 1/18	Q
F 1 6 C 33/64		F 1 6 C 33/64	

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願平9-313765	(71) 出願人	000004204 日本精工株式会社 東京都品川区大崎1丁目6番3号
(22) 出願日	平成9年(1997)11月14日	(72) 発明者	國分 秀樹 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内
		(72) 発明者	堀 恵造 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

(54) 【発明の名称】 軸受軌道輪の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 内外径の同軸度が高く真円度が向上した軸受け軌道輪を、高い材料歩留まりおよび研磨効率をもって製造する方法を提供する。

【解決手段】 軌道輪の粗成形品を得る粗成形工程と、前記軌道輪の粗成形品を冷間で輪体圧延加工して、その内径および外径の真円度を上げる冷間ローリング工程と、前記冷間ローリング後の軌道輪を熱処理する熱処理工程と、前記熱処理後の軌道輪の外周をセラミック製矯正型で拘束しつつ、焼戻し処理を行なう焼戻し矯正工程とを備する方法である。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 軌道輪の粗成形品を得る粗成形工程と、前記軌道輪の粗成形品を冷間で輪体圧延加工して、その内径および外径の真円度を上げる冷間ローリング工程と、

前記冷間ローリング後の軌道輪を熱処理する熱処理工程と、

前記熱処理後の軌道輪の外周をセラミック製矯正型で拘束しつつ、焼戻し処理を行なう焼戻し矯正工程とを備する軸受け軌道輪の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、軸受の内外輪の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、軸受は、例えば旋削、熱処理、および研削の工程により製造されている。例えば軸受の内外輪は、まず、研削仕上げの取代および熱処理変形などを考慮した寸法で旋削により成形され、次いで、熱処理により硬化させる。この熱処理中に内径および外径の真円度が変形するので、最後に研削を行なって適性寸法、適性真円度に仕上げられる。

【0003】なお、軌道輪の内外径の真円度を矯正する方法としては、特願平 7-522827 に示すような方法が挙げられる。この方法は、セラミック製の外径型の内側にワークリングを挿入して高周波加熱により加熱し、加熱による熱膨張膨脹によるフープ応力と焼戻し効果とにより、真円度を矯正する所謂焼戻し矯正方法である。これにより真円度を高め、研削効率を向上させることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のような方法で軌道輪を製造した場合には、軸受溝の成形や熱処理変形などの理由により、材料の歩留まりが悪いという問題があった。また旋削により熱処理前の成形が行なわれた場合には、次のような問題が生じていた。すなわち、この場合には、まず棒材またはパイプ材の端面を削り、次いで外径を削った後、幅の寸法に削り、その後、材料取りを行なう。引き続いて行なわれる工程において、このリングを外径チャックでつかみ直して内径を削るが、この際、チャックの爪によりリングに歪みが生じ、歪んだ状態で削るため内径に偏肉が出てしまう。このようなリングに対して、例えば外径拘束による焼戻し矯正を施しても、外径の真円度しか向上させることができず、内径には偏肉の分の変形が出てしまうため、内径の研削の効率が外径に比べて悪いという問題がある。

【0005】そこで、本発明は、内外径の同軸度が高く真円度が向上した軸受け軌道輪を、高い材料歩留まりおよび研磨効率をもって製造する方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は、軌道輪の粗成形品を得る粗成形工程と、前記軌道輪の粗成形品を冷間で輪体圧延加工して、その内径および外径の真円度を上げる冷間ローリング工程と、前記冷間ローリング後の軌道輪を熱処理する熱処理工程と、前記熱処理後の軌道輪の外周をセラミック製矯正型で拘束しつつ、焼戻し処理を行なう焼戻し矯正工程とを備する軸受け軌道輪の製造方法を提供する。

10 【0007】本発明の製造方法において、前記冷間ローリング工程で用いられる輪体、すなわち、成形ロールおよびマンドレルの粗さは、いずれも $0.1 \mu\text{mRa}$ 以下であることが好ましい。

【0008】前記冷間ローリング工程後の部材の外径 D (mm) は、後の硬化熱処理による外径平均膨張率 Δ (mm)、および、焼戻し矯正工程で用いられるセラミック型の内径 d (mm) との間に次のような関係があることが望まれる。

【0009】 $d - \Delta - 0.05 \leq D \leq d - \Delta$

20 必要に応じて、冷間ローリング後の軸受け軌道輪に対して、円形の穴にとおすことによりサイジングを行なう冷間サイジングを施してもよい。

【0010】また、本発明の方法において焼戻し矯正工程後には、さらに工程を付加することができ、例えば、焼戻し矯正後の軌道輪に研削仕上げを施してもよい。あるいは、焼戻し矯正後には、得られた軸受け軌道輪の軌道面のみに仕上げ研磨を施すこともできる。例えば、本発明の方法で製造された外輪は、その外径の研磨を省略することができ、内輪の場合には内径の研磨を省略することができる。

30

【0011】さらに、本発明の方法で製造された軸受け軌道輪に対しては、内外輪の研磨加工を施さずに、旋削、バレル、ショットブラスト、あるいはホーニングにより仕上げ工程を焼戻し矯正後に行ってもよい。

【0012】以下、本発明の製造方法を詳細に説明する。本発明の軸受け軌道輪の製造方法において、第 1 の工程である粗成形工程、すなわち前加工工程は特に限定されず、旋削、熱間鍛造および温間鍛造等、任意の方法で行なうことができる。その条件も、軌道輪の大きさ、形状等に応じて適宜選択することができる。

40

【0013】なお、本発明の方法で製造される軸受け軌道輪の素材および熱処理は特に限定されず、軸受鋼、浸炭鋼、中炭素鋼等の材料で焼入れ（高周波焼入れ等の局部焼入れも含む）、浸炭、浸炭窒化を適宜選択することができる。

【0014】前加工後の軌道輪は、リング材を圧延により成形する冷間ローリング（冷間輪体圧延加工）に供される。ここで図 1 に、冷間ローリング装置の一例の概略構成を表わす正面図を示し、図 2 にはその平面図を示す。

50

【0015】これらの図面に示されるように、冷間ローリング装置は、回転可能に支持された成形ロール8、マンドレル7、およびサポートロール9を具備している。成形ロール8はリング1の外周面および端面を圧延成形できる形状となっており、マンドレル7はリング1の内周面の圧延成形ができる形状になっている。これら2つが圧延ロールとなってリング1の成形が行なわれる。なお、サポートロール9はマンドレル7を成形ロール8に押し付ける役目をしている。

【0016】リング1の素材が図示するように所定の位置に配置されると、軸方向からマンドレル7がリングの内側に挿入され、サポートロール9がこのマンドレル7の軸の両端を押すようになっている。サポートロール9、またはサポートロール9および成形ロール8の両方がモータ（図示せず）により回転しながらリング1の圧延成形を行なう。

【0017】なお、成形ロール8およびマンドレル7としては、成形される部材に応じた形状の外周面を有するものを適宜選択して使用することができる。例えば、玉軸受け外輪を成形する場合には、マンドレル7の外周面は、ボール溝およびシール溝に対応した形状とし、成形ロール8は、外周面および端面に対応した形状とする。また、玉軸受け内輪を成形する場合には、成形ロール8の外周面は、ボール溝およびシール溝に対応した形状とする。このような成形ロールおよびマンドレルを用いて圧延することで、切削に比べて材料の無駄を少なくするとともに、完成品に近い形状に加工することができる。しかも加工後には、リングの半径方向膜厚を均一にすることができる。

【0018】ここで用いられる成形ロール8およびマンドレル7の表面粗さによって、成形されるリングの内外周面の粗さも決定される。例えば、成形ロール8およびマンドレル7の表面粗さを $0.1\mu\text{mRa}$ 以下とすれば、圧延されたリングの内外周面の粗さも $0.1\mu\text{mRa}$ 以下とすることができる。

【0019】なお、冷間ローリング後のリング（軌道輪）の外径 D （mm）は、後の硬化熱処理による外径平均膨張率 Δ （mm）、および、引き続いて行なわれる焼戻し矯正工程で用いるセラミック型の内径 d （mm）との間に次のような関係があることが好ましい。外径平均膨張率 Δ （mm）は、硬化熱処理条件により決定されるので、予め調べることができる。

$$【0020】d - \Delta = 0.05 \leq D \leq d - \Delta$$

こうして冷間ローリング工程を行なうことにより、リングの内径および外径の真円度が高められる。

【0021】冷間ローリング後の軌道輪には、熱処理（焼入れ）が施される。なお、熱処理に当たっては、例えば、吸熱型ガス（以下、RXガスと称する）雰囲気中、 840°C で1時間の焼入れ処理を施した後、 170°C で2時間の焼戻し処理を行なうことができる。

【0022】またこのとき、浸炭（または浸炭窒化）および焼入れを行なってもよい。熱処理工程を経ることによって、軌道輪の内径および外径の真円度はいったん変形するものの、本発明においては、熱処理に先立つ工程で冷間ローリングを行なうとともに、熱処理に続いて焼戻し矯正を行なっているため、外径のみならず内径の真円度も著しく向上させることができた。

【0023】熱処理後の軌道輪に対する焼戻し矯正は、例えば、図3に示すような装置を用いて行なうことができる。図3は、本発明で用い得る外径拘束型矯正装置の概略を示す図である。

【0024】図示するように外径拘束型矯正装置は、ワークとしての環状部材1の外周を拘束するセラミック型5と、この上下に配置された加熱コイル3と、前記環状部材1を装置本体に装着するための圧入シリンダ4および圧入治具2と、環状部材1の温度を測定する赤外線温度計6とから構成されている。また、加熱コイル3と赤外線温度計6との間には、加熱コイル制御器およびワーク加熱温度を制御するための温度調節器が設けられている。ここでの加熱源は高周波による誘導加熱により、急速加熱を行なっている。

【0025】このような装置を使用し、環状部材1の外周をセラミック型5の内周部で拘束しつつ環状部材を加熱することによって、焼戻しの進行を利用して矯正を行なうことができる。

【0026】矯正に当たっては、まず、熱処理のワーク1を圧入治具2によりセラミック型5に圧入する。ここで用いるセラミック型5の内径寸法は、ワークの外径に対して $0 \sim 0.05\text{mm}$ であることが好ましい。セラミック型の内径がワーク平均外径より大きい場合には、矯正変形を十分に行なうことが困難となり、一方、 0.05mm を越えて小さい場合には、ワーク外周面を傷つけたり、ワーク1を型内に圧入できないおそれがある。また、ワーク1が歪んでいても圧入できるように、セラミック型5の入り口の内径は若干大きく設計されている。

【0027】次いで、セラミック型5の上下に設置された加熱コイル3に高周波電流を流すことにより、ワーク1内に渦電流が流れて加熱される。このときの周波数は高いほど効率が良いが、周波数が過剰に高い場合には表皮効果により渦電流が表面に集中して加熱に温度むらが生じてしまうので、効率と均熱とのバランスを考慮すると、周波数は $200\text{Hz} \sim 10\text{kHz}$ の範囲であることが好ましい。

【0028】本発明においては、型として非磁性のセラミックを使用しているため、このセラミック型は加熱されずワーク1のみが加熱して膨張する。また、軸受鋼の線膨張係数がおよそ 12.5×10^{-6} であるのに対して、セラミックの線膨張係数は $2.5 \sim 3.3 \times 10^{-6}$ と低いので、伝熱によりセラミックが加熱されても、そ

の膨張量はワークに比べて極めて小さく、ワークリングの膨張を抑えることができる。

【0029】すなわち、熱処理後の軌道輪の外周をセラミック製矯正型で拘束しつつ、焼戻し矯正を行なうことにより、外径のみならず内径の真円度も高めることができ、しかも内外径の同軸度も向上させることができた。

【0030】このように本発明の方法では、熱処理前の粗成形品に対し冷間ローリングにより圧延加工を施して所望の形状に成形しているの、材料の歩留まりを高めるとともに、リング偏肉量が減少させることができた。しかも本発明においては、熱処理工程後に所定の方法で焼戻し矯正を行なっているの、熱処理変形により低下した真円度を高めて内外径の同軸度の良い軌道輪が得られる。これにより、内外輪の研磨の取代も小さくすることができ、研磨の効率も著しく高められる。

【0031】さらに本発明においては、冷間ローリング工程で用いられたマンドレルおよび成形ロールの面粗さが、成形後の軌道輪の内外周の面粗さに反映されるの、所定の粗さのロール等を用いることにより任意の粗さ

表 1

*さの軌道輪が得られる。こうして圧延加工された軌道輪に対し、本発明の方法にしたがって熱処理および焼戻し矯正を施した後、旋削仕上げ、バレル仕上げ、ショットブラストあるいはガラスビーズなどによるホーニングにより仕上げた場合には、少なくとも非軌道面の研削工程を省略することができる。例えば外輪の場合には、外径の研削仕上げを省くことが可能であり、内外径ともに真円度が高く、同軸度の向上した軸受け軌道輪を安価に製造することができる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、具体例を示して本発明をさらに詳細に説明する。下記表1に、いくつかの工程により製造した軸受け軌道輪の面粗さ、真円度を示した。ここで用いた軌道輪の素材は、JIS, SUJ2である。また、熱処理は、RXガス雰囲気中、840℃で1時間の焼入れ処理を施した後、170℃で2時間の焼戻し処理を行なった。

【0033】

【表1】

	旋 削			冷間ローリング			熱処理			矯正焼戻し			必要研削代 [mm]	
	粗さ	偏肉量	真円度	粗さ	偏肉量	真円度	粗さ	偏肉量	真円度	粗さ	偏肉量	真円度	内径	外径
従来例1	0.3	0.1	0.05	-	-	-	0.3	0.1	0 ~0.3	-	-	-	0.3	0.3
比較例1	0.3	0.1	0.05	-	-	-	0.3	0.1	0 ~0.3	0.3	0.1	0.1(内径) 0.03(外径)	0.1	0.05
比較例2	0.3	0.1	0.05	0.1	0.005	0.02	0.1	0.1	0 ~0.3	-	-	-	0.3	0.3
実施例1	0.3	0.1	0.05	0.1	0.005	0.02	0.1	0.005	0 ~0.3	0.1	0.005	~0.03	0.03	0.03
実施例2	熱間鍛造+焼戻し			冷間ローリング			熱処理			矯正焼戻し				
	~1	~1	~2	0.1	0.005	0.02	0.1	0.005	0 ~0.3	0.1	0.005	~0.03	0.03	0.03
実施例3	旋 削			冷間ローリング +冷間サイジング			熱処理			矯正焼戻し				
	0.3	0.1	0.05	0.1	0.005	0.01	0.1	0.005	0 ~0.3	0.1	0.005	~0.03	0.03	0.03

【0034】なお、前記表1に示した矯正前後の真円度の値を用いて、矯正率を以下のように定義することができる。

矯正率 = (矯正前の真円度 - 矯正後の真円度) / 矯正前の真円度 × 100 (%)

本発明(実施例1~3)では、いずれも70~90%程

度の矯正率が得られていることが表1の結果からわかる。さらに、従来例、比較例および実施例の軸受け軌道輪の製造工程を、仕上げ工程、研磨時間比、完成表面粗さおよびコストとともに下記表2にまとめる。

【0035】

【表2】

表 2

	旋削	冷間 ローリング	熱処理	焼戻し 矯正	仕上げ1	仕上げ2	研削時間比 (仕上げ加工)	完成表面 粗さ	コスト
従来例1	○		○		研削	超仕上げ			
比較例1	○		○	○	研削	超仕上げ	1	0.02	×
比較例2	○	○	○		研削	超仕上げ	0.5	0.02	△
比較例3	○	○	○		研削		1	0.02	×
実施例1	○	○	○	○	研削	超仕上げ	0.8	0.15	×
実施例2	○	○	○	○	軌道面のみ研削	軌道面のみ超仕上げ	0.3	0.02	○
実施例3	○	○	○	○		軌道面のみ超仕上げ	0.2	0.02	○
実施例4	○	○	○	○	軌道面のみ旋削		0.1	0.02	○
実施例5	○	○	○	○	ホーニング		0.1	0.1	○
実施例6	○	○	○	○	ホーニング		0	0.1	○
実施例7	○	○	○	○	ショットブラスト	軌道面のみ超仕上げ	0.1	0.03	○
実施例8	○	○	○	○	ショットブラスト		0	0.1	○
実施例9	○	○	○	○	バレル	軌道面のみ超仕上げ	0.1	0.03	○
							0	0.05	○

【0036】これらの表を参照して、従来例1、比較例1～2および実施例1～3について説明する。従来例1では、旋削、熱処理（焼入）、研削および仕上げ研磨の工程により製造し、冷間ローリングおよび焼戻し矯正のいずれの工程も行なわなかった。この場合には、表1に示されるように、熱処理後の面粗さは0.3 μmRa であり、真円度は0～0.3mm（平均0.15mm）程度であるため、外径部および内径部は研削により真円度および粗さの精度を高めなければならない。また、真円度が最大0.3mmであることから、研削による取代は内外径に各々0.3mmつける必要がある。

【0037】比較例1では、熱処理後に焼戻し矯正を行なっているため、この真円度は向上する。例えば図3に示したような外径拘束型の焼戻し矯正装置においては外径の真円度を0.03mm以下とすることができるので、外径の研削取代は0.03mm以内とすることができる。

【0038】しかしながら、旋削によりリングを製作する場合には、まず内径をチャックして外径を削った後に外径をチャックし直して内径を削るため、リングの肉厚が薄いとチャックのつかみ力により変形した状態で内径を削ることになる。したがって、内径に偏肉が生じてしまい、焼戻し矯正により外径の真円度が良くなっても内径では偏肉の影響のために真円度は外径ほど向上しない。結果として、研削取代は0.1mmと外径よりも多くなってしまう。しかも、焼戻し矯正後の軌道輪の面粗さは旋削時のままであるので、所望の程度の粗さとするために、焼戻し矯正後にさらに、研削、仕上げ研磨を行なわなければならない。

【0039】なお、この場合の軌道輪の内外周面の状態を図5に示す。図5（a）は、熱処理後の軌道輪の内径および外径を表わしており、図5（b）は、焼戻し矯正後の内径および外径を表わしている。図5（a）に示されるように熱処理後には内外径ともに歪みが生じてお

り、焼戻し矯正を行なうことによって、図5（b）に示されるように外径の真円度は改善されている。しかしながら、内径の真円度は焼戻し矯正を行なっても高めることができず、熱処理後に焼戻し矯正を行なうのみでは、内外径ともに真円度のよい軌道輪を得ることができないことがわかる。

【0040】比較例2は、熱処理前の軌道輪に冷間ローリングを行なったものであり、これによって表面粗さを向上させ、偏肉量を減少できたことが表1の結果に示されている。しかしながら、次いで行なわれる熱処理工程により内外面とも変形して真円度が悪くなるので、研削取代は、冷間ローリングを行なわない従来の方法で製造した場合と同等の0.3mmとなり、研磨に時間を要してしまう。このように、冷間ローリングを熱処理前に行なったところで、真円度のよい軌道輪を研磨効率よく製造することができない。

【0041】実施例1では、旋削、冷間ローリング、熱処理および焼戻し矯正により製造した例を示している。この場合の軌道輪の内径および外径を図4に示す。

図4（a）は、冷間ローリング後、図4（b）は熱処理後、図4（c）は焼戻し矯正後の内径および外径を示している。図4（a）に示されるように、冷間ローリングにより真円度は良好となるものの、熱処理後には偏肉による影響がでて、図4（b）に示されるように真円度はいったん低下する。しかしながら、本発明の方法で製造した場合には、熱処理後に行なわれる焼戻し矯正工程により外径のみならず内径の真円度も改善されることが図4（c）からわかる。

【0042】表1の結果に示されるように、熱処理前に冷間ローリングを行なった実施例1の軌道輪の熱処理後の偏肉は、わずか0.005mmと極めて小さくなっているため、焼戻し矯正により外径だけでなく内径の真円度も著しく改善されている。

【0043】ここでは、粗さ0.1 μmRa 以下の成形

ロールおよびマンドレルを用いて冷間ローリングを行なったので、これが軌道輪の内外周面に転写されて、その表面粗さは $0.1\mu\text{mRa}$ 以下となった。この面粗さは研磨後の粗さに匹敵するので、後の工程で光輝パレルやホーニング、ショットブラストによる酸化スケール落としなどを行なえば、少なくとも後工程の内輪の内径、外輪の外径の研磨加工を省略することができる。したがって、軸受の内外輪を安価に製造することが可能である。

【0044】なお、冷間ローリングの前加工（粗成形工程）は、旋削に限定されず、例えば実施例2に示されるように（熱間鍛造＋焼鈍）の場合でも、同等の結果が得られる。また、温間鍛造を行なってもよい。

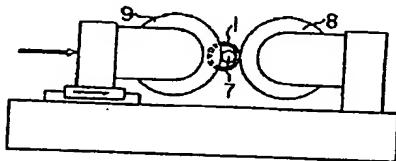
【0045】また、実施例3に示すように冷間ローリングの後、冷間サイジングを行なって全体の平均径をそろえてもよい。ここでは、図3に示したような外径拘束型焼戻し矯正装置から加熱手段を省いた装置を用いて、円形の穴に通すことによりサイジングを行なったが、表1に示されるように、本発明の効果は何等損なわれることはない。

【0046】さらに、表2中に実施例4～9として示したように、焼戻し矯正後には、軌道面みの旋削、ホーニング、ショットブラスト、パレル等の種々の仕上げ工程を行なうことも可能である。いずれの場合も、内外径の真円度が良好で同軸度が優れた軌道輪を、安価に製造することができる。

【0047】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、

【図1】



内外径の同軸度が高く真円度が向上した軸受け軌道輪を、高い材料歩留まりおよび研磨効率をもって製造する方法が提供される。本発明は、あらゆる軸受け軌道輪の製造に適用することができ、その工業的価値は大なるものがある。

【図面の簡単な説明】

【図1】冷間ローリング装置の正面図。

【図2】冷間ローリング装置の平面図。

【図3】外径拘束型の焼戻し矯正装置を示すブロック構成図。

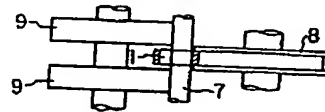
【図4】本発明の方法により製造されたリングの形状測定結果をそれぞれ示し、(a)は冷間ローリング後のリング形状を、(b)は熱処理後のリング形状を、(c)は焼戻し矯正後のリング形状を示す図である。

【図5】比較例1の方法により製造されたリングの形状測定結果を示し、(a)は熱処理後のリング形状を、(b)は焼戻し矯正後のリング形状を示す図である。

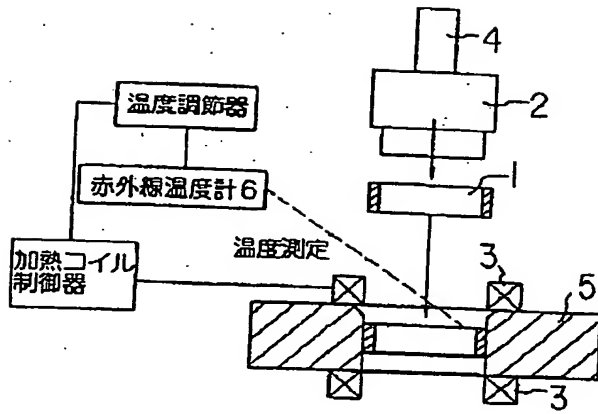
【符号の説明】

- 1…リング
- 2…圧入治具
- 3…加熱コイル
- 4…圧入シリング
- 5…セラミック型
- 6…赤外線温度計
- 7…マンドレル
- 8…成形ロール
- 9…サポートロール

【図2】

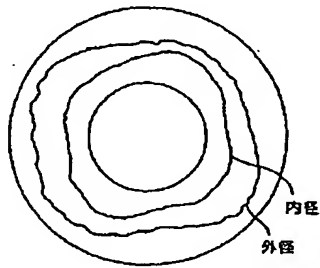


【図3】

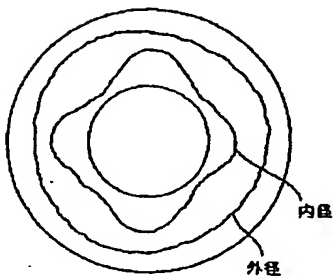


【図5】

(a) 熱処理後

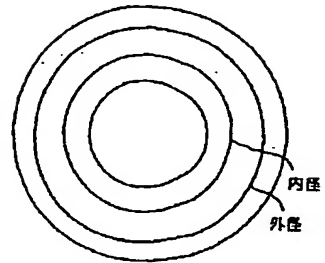


(b) 焼戻し矯正後

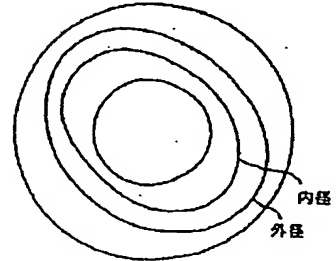


【図4】

(a) 冷間ローリング後



(b) 熱処理後



(c) 焼戻し矯正後

